

課題名：【3RF-1903】難分解性化合物の高度分解処理が可能な再生型不均一系フェントン触媒システムの開発

実施期間：2019～2021 年度

研究代表者：福 康二郎

所属：関西大学 環境都市工学部 エネルギー・環境工学科

重点課題 主：【重点課題⑩】廃棄物の適正処理と処理施設の長寿命化・機能向上に資する研究・技術開発

副：【重点課題⑨】3Rを推進する技術・社会システムの構築

本研究のキーワード：フェントン反応、不均一系反応、層状複水酸化物、難分解性有機化合物、高度分解処理、アニオン、光触媒、過酸化水素

■研究の背景と目的

産業用水・排水処理において生物分解が困難な難分解性有機化合物の処理が問題となっています。従来の処理方法としては均一系触媒を利用したフェントン反応が利用されてきました。これは鉄イオン (Fe^{2+} , Fe^{3+}) を廃液に溶解させ、過酸化水素 (H_2O_2) を加えることで強力な酸化力を有するヒドロキシルラジカル ($\cdot\text{OH}$) を形成するプロセス (式(1), (2)) であり、これにより難分解性化合物の酸化分解が可能になります。



この方法は古くから利用されていますが、次に述べる深刻な問題点を未だ有しています。

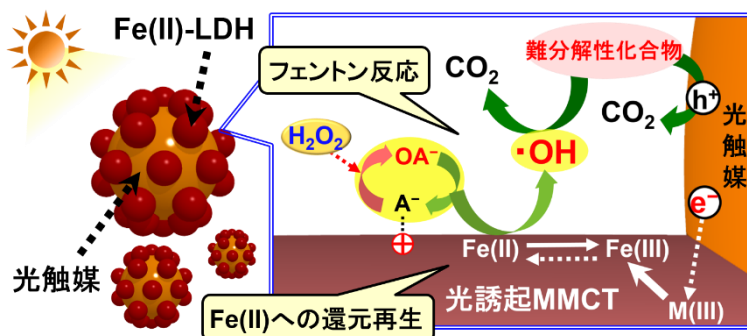
1. 反応後の廃液から残触媒や副生成物を分離する複雑な工程が必要
2. 従来のフェントン反応だけでは分解率 (二酸化炭素 (CO_2) への酸化効率) が不十分
3. Fe^{3+} を Fe^{2+} に還元再生する式(2)の反応が困難 (水酸化鉄スラッジが副生成物 (産業廃棄物) として発生)
4. 処理液は酸性に保つ必要がある (耐酸性設備の設計およびメンテナンスに多大なコスト・時間を要する)

■研究の内容

難分解性有機化合物を含んだ産業用水・排水処理において、上記の問題を全て解決でき、排水処理設備とプロセスの簡素化および長寿命化が可能な不均一系フェントン触媒システムの開発を最終目的としています。本研究では、そのための基盤技術として、「アニオン補助 Fe(II)-LDH 複合光触媒 (図)」を開発しました。

○ Fe(II)-LDH 触媒によるフェントン反応：2 価の鉄イオン (Fe(II)) を導入した層状複水酸化物 (Fe(II)-LDH) は不均一系固体触媒としての応用が見込めます。そのため、水酸化鉄スラッジ発生の防止、残触媒を分離する工程の簡略化、中性領域での処理 (フェントン反応) が期待できます。 H_2O_2 と無機アニオン (A^-) を反応させることで生成し得る酸化剤 (OA^-) の活用も目指します。LDH は、 A^- を固定化できる材料でもあり、最適な A^- を導入することで従来よりも高い酸化分解性能が期待できます。

○ 光再生プロセスの活用：3 価の鉄イオン (Fe(III)) の還元反応 (式(2)) を促進する手段として光触媒作用を活用します。LDH の光誘起金属間電子移動 (MMCT) による電子 (e^-) 遷移 (光自己再生機能) と、半導体光触媒上で発生する e^- による光自己再生機能のアシスト効果で、フェントン触媒の効率的な還元再生を達成します。



■環境政策等への貢献

アニオン補助 Fe(II)-LDH 複合光触媒は、従来のフェントン反応に対し、新しい切り口からその問題点を全て解決できるポテンシャルを秘めています。有機廃棄物を CO_2 まで完全酸化分解 (無害化) することが可能になるだけでなく、排水処理設備とプロセスの大幅な簡素化および長寿命化が可能になることで、低環境負荷・低コストでの産業用水・排水処理が期待できます。